

BASES ECOLÓGICAS PARA LA RESTAURACIÓN DE MARISMAS DE RÉGIMEN MAREAL EN EL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

JUAN B. GALLEGO FERNÁNDEZ Y FRANCISCO GARCÍA NOVO

Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla. Ap. 1095, 41080-Sevilla.

E-mail: galfer@cica.es <http://www.us.es/bioeco>

RESUMEN

Se abordan los criterios ecológicos que deben regir en la planificación y ejecución de la restauración de marismas mareales degradadas por la actividad humana en el Estuario del Guadalquivir. Se presenta un ejemplo de restauración en la margen izquierda del Estuario, Marismas de la Algaida, a partir del cual extraer conclusiones sobre los resultados obtenidos tras un año de seguimiento después de su puesta en funcionamiento y sobre la viabilidad de este tipo de actuaciones de recuperación de humedales.

INTRODUCCION

Las marismas mareales se presentan en zonas de costa progradante, protegidas de la acción directa del mar, tales como estuarios, albuferas, bahías, etc., variando entre marismas saladas y de agua dulce en función de sus características hidrológicas. Son unos ecosistemas donde la inundación periódica es la característica física dominante (Weigert y Freeman 1990). Las marismas mareales son unos de los ecosistemas más productivos del mundo (Ranwell 1972), que mantienen una elevada biodiversidad y poseen una importante función hidrológica y de mantenimiento de la calidad del agua. En la valoración de los ecosistemas planetarios (Constanza *et al.* 1987) las marismas mareales alcanzan una valoración muy alta por superficie, debido a sus numerosas funciones ambientales. Son áreas importantes en el mantenimiento de especies juveniles de peces y bivalvos, y un hábitat de primer orden para organismos acuáticos, aves, etc. Además, tienen funciones de enorme interés como la protección de erosión, estabilización de sedimentos, el ciclo de nutrientes, y el mantenimiento de las complejas cadenas tróficas del estuario.

En España, estos humedales costeros han disminuido su superficie alrededor de un 60 % especialmente a lo largo del siglo XX (Casado y Montes 1995). Su desaparición o alteración se ha debido a la acción humana, a medida que ha aumentado la presión demográfica y el desarrollo tecnológico y la población del interior se ha volcado en el litoral. Se ha modificado su hidrología, rellenado y desecado para transformación en tierras agrícolas y ganaderas, modificado para salinas y balsas de acuicultura o han sido convertidas en áreas industriales o urbanas.

Un ejemplo de regresión de los humedales lo ofrecen las marismas mareales del Estuario del Río Guadalquivir, a partir del primer tercio del siglo XX. Las modificaciones del cauce del río para facilitar la navegación acometidas a partir de 1795 y un amplio programa de transformación de la marisma en arrozal mediante polder y en terrenos agrícolas y ganaderos iniciado en los años 20 e incrementado en los 40 y 60 (del Moral Ituarte 1991González Arteaga 1993) han sido los responsables de la práctica desaparición de estas

marismas, mediante la construcción de diques y sistemas de drenaje que evitasen la inundación con el flujo mareal. Las marismas mareales se limitan actualmente a los últimos 15 km del estuario, localizándose en una estrecha franja paralela al cauce principal. Además, desde los años 80 lodos procedente de los dragados del canal de navegación del río se ha depositado sobre las orillas, destruyendo parcialmente 8 de los 15 Km de marisma mareal en la margen izquierda del estuario.

Además de estas alteraciones, *Spartina densiflora*, neófito americano naturalizado en el Sur de la Península Ibérica (Valdes *et al.* 1987), ha invadido prácticamente las marismas mareales del estuario del Guadalquivir (Jiménez Nieva y Figueroa Clemente 2001), modificando radicalmente la vegetación.

Actualmente, la recuperación o restauración de ecosistemas alterados es una preocupación creciente entre los sectores implicados en el estudio, gestión y conservación de espacios naturales. Son aún escasos los trabajos científicos sobre la restauración del ecosistema. Suelen estar orientados al estudio de procesos muy concretos o hacia la mejora del hábitat de una o varias especies de interés conservacionista. En el ámbito de las marismas mareales, el número de trabajos publicados es bajo, aunque se han desarrollado proyectos de restauración en las de Santoña, Urdaibai y Delta del Ebro.

En este trabajo se presenta el diseño y ejecución de un proyecto de restauración que ha permitido la recuperación de un tramo de 2 km de las Marismas de la Algaida (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz), marismas mareales situadas en la margen izquierda del Estuario del Guadalquivir, que fueron afectadas por el relleno con lodos procedentes del dragado del canal del río (Figura 1).

METODOLOGÍA

Diagnóstico del sistema degradado

El área de marisma mareal objeto de estudio comprende 52 ha, en una banda paralela al río de unos 250 m de anchura y 2 Km de longitud. Originalmente, la marisma mareal se extendía entre 300 y 400 m hacia el interior hasta el dique construido en los años 1950s. A mediados de los años 80 se construyó un nuevo dique a la orilla del estuario, paralelo al ya existente, y se vertieron en la superficie entre diques arenas y limos procedentes del dragado, quedando los suelos de la marisma sepultados entre 0.5 y 2.8 m de profundidad. La zona dejó de ser un humedal y en los 14 años transcurridos, sobre los depósitos vertidos, se había desarrollado un pastizal y bosquetes abiertos de *Tamarix canariensis*, siendo el uso de la zona ganadero hasta la restauración (MMA 1994).

Bases ecológicas: estudio de alternativas de restauración

Partiendo del objetivo principal de actuación consistente en la recuperación de una zona húmeda, se han estudiado tres alternativas:

- a. Restauración ecológica de humedales mediante el reestablecimiento de los procesos y funciones ecológicas y las interacciones bióticas y abióticas, que permitan el mantenimiento de un ecosistema autosuficiente integrado en el territorio, en línea con la definición propuesta por la Society of Wetland Scientists (2000). El mantenimiento del sistema es autónomo.
- b. Rehabilitación, recuperando uno o varios elementos del ecosistema degradado que permitan la conservación de especies o procesos de interés conservacionista. Son sistemas donde la regulación del sistema se mantiene de forma artificial.
- c. Recreación, construyendo hábitats distintos a los preexistentes, diseñados para el mantenimiento de determinadas especies. Requieren una intensa intervención humana,

normalmente orientados a la educación ambiental.

permitir el aporte de propágulos, juveniles en dispersión, reproductores, etc.

La opción elegida ha sido la restauración ecológica, que permite la recuperación “integral” de un tipo de ecosistema que ha sufrido una fuerte regresión en el Estuario del Guadalquivir. Esta opción, significa devolver el área a un estado parecido a su situación inicial. En el caso del Estuario, se plantea una nueva decisión, ya que inicialmente el sistema natural estaba formado por una marisma mareal constituida principalmente por *Spartina densiflora*, especie invasora que ha modificado la composición, estructura y funcionamiento de la marisma recientemente. Además, presenta la limitación de que el PORN del Parque Natural de Doñana prohíbe de forma expresa cualquier medida de gestión que favorezca su expansión. Se consideraron entonces dos alternativas:

- a. Restauración de la pradera de *Spartina densiflora* mediante restitución topográfica y plantación de individuos de esta especie estructural, de forma que se integrara la zona restaurada en las marismas mareales del entorno, ecosistemas de referencia, todas ellas dominadas por una cubierta de esta especie.
- b. Restaurar el medio físico, su geomorfología, permitiendo la inundación por las mareas, ya que es la amplitud y frecuencia de la inundación la que determina la estructuración del espacio respecto a la instalación y desarrollo de la vegetación y la fauna, así como el intercambio de sedimentos, nutrientes y materia orgánica (Broome and Craft 2000). Con el objetivo de minimizar costes y maximizar la probabilidad de éxito, la restauración del componente natural de la marisma se realizará siguiendo la opción del *self-design* (Mitsch 2000) o restauración por colonización natural, en sistema abierto. La zona en restauración se encuentra rodeada y suficientemente bien comunicada con el estuario y otras áreas de marisma para

Esta última opción fue la seleccionada, siendo el objetivo principal promover la biodiversidad de organismos construyendo un sistema abierto de alta heterogeneidad espacial y de fácil acceso a los grupos biológicos acuáticos.

Diseño de la restauración

La restauración se ha realizado en cuatro fases: a) eliminación del material de dragado, b) restauración del flujo mareal, c) diversificación de hábitats, y d) aceleración puntual de procesos sucesionales (Gallego Fernández y García Novo 2002).

a) eliminación del material de dragado

En septiembre de 1999 se eliminó el material de relleno de la superficie de la marisma, manteniendo los diques internos y externos. Se retiraron unos 600.000 m³ material que por su carácter arenoso se emplearon en parte para la mejora de textura de suelos agrícolas en zonas cercanas. Se alcanzó el nivel original de marisma, de forma que la zona podría ser inundada pasivamente por las mareas

b) restauración del flujo mareal

Para permitir la entrada de las mareas se excavaron canales de comunicación con el estuario. Se establecieron dos zonas, separadas por un dique, con diferente diseño y coste de las actuaciones (Figura 2):

Zona Norte: se han construido dos canales de comunicación con el río. En el interior de la marisma restaurada se han construido 2060 m de canales, que recorren toda el área, con las mismas características que los canales de comunicación con el río. Uno de los criterios de diseño consistió en que inicialmente la zona restaurada debía mantener agua libre en los canales en todo momento, para permitir el establecimiento de comunidades acuáticas permanentes. Esto último consiste en un ensayo de diversificación de hábitats, siendo posible en cualquier momento

eliminar los azudes facilitando el llenado y vaciado periódico de los canales. El volumen de agua permanente en la zona norte es de unos 30.000 m³, pudiendo llegar a alcanzarse los 200.000 m³ en los periodos de pleamar máxima anual (AYESA 2000) o avenida de recurrencia de 10 años en el Guadalquivir.

Zona Sur: Se han construido tres canales de comunicación con el río. En el interior de la zona restaurada se han continuado los canales con una longitud de 20, 50 y 100 m. El objetivo es que en esta zona el flujo mareal excave una red de drenaje de forma natural. En esta zona el agua entra en la zona restaurada en el 98% de las pleamares del año, si bien la superficie inundada es menor que en la zona Norte debido al menor caudal de agua que puede entrar a través de los canales.

c) diversificación de hábitats

En la restauración de las marismas mareales de la Algaida uno de los objetivos principales ha sido favorecer la instalación de un amplio espectro de organismos. La hidrología ha sido el factor principal que determina la zonación de especies animales y vegetales y otras características biológicas y físicas del área restaurada. La zonación se ha obtenido mediante variaciones en cota y pendiente de la superficie, lo que junto con el régimen mareal ha determinado la extensión de la zona intermareal, y la profundidad y duración de la inundación. En la zona intermareal se ha creado un amplio gradiente de niveles de inundación (y salinidad) para el establecimiento de diferentes comunidades de plantas, macroinvertebrados y de fauna del suelo, recursos esenciales para el mantenimiento de comunidades de aves acuáticas, principalmente limícolas. Con el fin de incrementar la variabilidad de ambientes, también se han introducido de forma puntual diferentes tipos de sustrato (arenas y gravas). Los canales de la zona Norte constituyen un hábitat adecuado para plantas acuáticas y animales, como peces o decápodos, proporcionando

además una fuente de recursos alimenticios para aves como ardeidas, cormoranes, anátidas, golondrinas de mar, etc. Con el material obtenido en la excavación de los canales se han construido 3 islas, libres de inundación. En dos islas se ha optado por la introducción de propágulos de especies de plantas, recubriéndolas con un suelo arenoso de 10 cm de profundidad procedente de los primeros centímetros de perfiles de suelo cercanos, que contenían el banco de semillas de especies herbáceas (además de insectos y otros invertebrados). Estas islas, libres de inundación, permiten el asentamiento de comunidades plenamente terrestres, además de servir como áreas de cría para algunas aves.

Seguimiento de la restauración

Un objetivo específico del proceso de restauración consiste en llevar a cabo investigaciones a largo plazo para evaluar y documentar los rasgos estructurales y funcionales de la marisma mareal restaurada y comparar los resultados con marismas naturales de referencia del entorno. Para ello, se ha establecido un programa de seguimiento, parte del cual comenzó desde que se integró la zona restaurada en el flujo de mareas del estuario. Este programa contempla, i) un seguimiento y control de la infraestructura construida y sistema de regulación del flujo de marea en la zona Norte, ii) medidas de las tasas de sedimentación y erosión; iii) seguimiento de frecuencias y características de la inundación por mareas y avenidas; iv) seguimiento de variables físicoquímicas y biológicas del agua; v) seguimiento de la colonización y sucesión vegetal, y vi) utilización por la fauna de los diferentes hábitats.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras un año en funcionamiento (Noviembre 2000-2001) se ha comprobado la estabilidad de canales y diques, incluso en un periodo de grandes avenidas del Guadalquivir. El flujo mareal se ajustó al modelo numérico desarrollado

en el proyecto de la restauración, asegurando la inundación periódica de la marisma y facilitando su colonización.

La revegetación ha sido muy rápida, con la colonización de especies típicas de marismas mareales y no mareales. La mayor parte de las especies se corresponden con Chenopodiaceas de los géneros *Salicornia*, *Sarcocornia*, *Atriplex*, *Salsola*, *Suaeda*, *Halimione*, además de otras especies de géneros como *Spartina*, *Mesembrianthemum*, *Spergularia*, etc. Estas especies se han distribuido en diferente número y cobertura en tres zonas de vegetación correspondientes a marisma alta, media y baja, existiendo una mayor diversidad en la alta y menor en la baja.

La utilización por la fauna de la marisma restaurada fue inmediata tras la primera inundación. Peces en los canales interiores y aves en toda la marisma han sido los grupos de organismos cuya presencia ha sido mas evidente, utilizando el área como fuente de recursos y refugio. A lo largo del proceso de restauración y hasta la actualidad, se han efectuado censos mensuales de aves. El numero de especies e individuos registrados se ha incrementado a lo largo del tiempo, habiéndose registrado un total de 73 especies, si bien el número, dadas las características del entorno, puede alcanzar unas 200 especies.

En las zonas de marisma baja y media abundan en todo momento limícolas como correlimos común (*Calidris alpina*), archibebe común y claro (*Tringa totanus*, *T. nebularia*), chorlito chico, grande y patinegro (*Charadrius dubius*, *C. hiaticula*, *C. alexandrinus*), chorlito gris (*Puvialis squatarola*), agujas (*Limosa limosa*, *L. lapponica*), etc. En zonas de aguas someras abundan avocetas (*Recurvirostra avosetta*), cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*), espátulas (*Platalea leucorodia*), flamencos (*Phoenicopterus ruber*), cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*), garceta grande (*Egretta alba*), ánade

real (*Anas platyrhynchos*), pato colorado (*Netta rufina*), porrón europeo (*Aythya ferina*), silbón (*Anas penelope*). En los canales interiores aparecen garza real e imperial (*Ardea cinerea*, *A. purpurea*), garceta (*Egretta garzetta*), cormoranes (*Phalacrocorax carbo*), y diversas especies de charranes (*Gelonchidon nilotica*, *Sterna caspisa*, *S. sandvicensis*, *S. albifrons*). Sobrevolando toda la zona aparecen aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), milanos negro y real (*Milvus migrans*, *M. milvus*). Una de las sorpresas de la restauración ha sido la presencia en la zona de 3 águilas pescadoras (*Pandion hialetus*) a lo largo de todo el año. Las águilas pescan en los canales y utilizan las perchas instaladas como punto de alimentación y descanso. Esta especie está en peligro de extinción en la Península Ibérica debido a la pérdida de hábitats.

CONCLUSIONES

La recuperación de ecosistemas degradados debe guiarse por bases ecológicas que permitan la toma de decisiones en el diseño y ejecución de los proyectos de restauración. La restauración debe permitir el funcionamiento del ecosistema como un sistema abierto, funcional, autosuficiente, heterogéneo, espacial y temporalmente, que facilite la diversificación de hábitats y el establecimiento de una biodiversidad funcional, adecuada a las restricciones del medio.

En el caso del Estuario del Guadalquivir, la recuperación de las marismas mareales degradadas se debe plantear desde una perspectiva ecológica restaurando procesos ecológicos y huyendo de planteamientos de recreación de hábitats para especies o grupos de especies singulares, que sólo convertiría a la zona en una nueva versión de parques temáticos.

AGRADECIMIENTOS

A la Demarcación de Costas en Cádiz, del Ministerio de Medio Ambiente, que ha financiado el proyecto y la ejecución de la restauración.

A los directores y técnicos del Parque Natural de Doñana por aportar ideas al diseño de la restauración.

BIBLIOGRAFÍA

AYESA 2000. *Estudio de verificación del diseño hidráulico del proyecto de recuperación de la marisma de la Algaida*. Sevilla.

BROOME, S.W. & CRAFT, C.B. 2000. Tidal salt marsh restoration, creation, and mitigation. P. 939-959. In: *Agronomy Monograph* nº41. Reclamation of drastically disturbed lands.

CASADO, S. & MONTES, C. 1995. *Guía de los lagos y humedales de España*. Ed. J.M. Reyero, Madrid. 256 p.

CONSTANZA, E. *et al.* 1987. The value of World's ecosystems. Services and natural capital. *Nature* 387:253-260.

GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B. Y GARCÍA NOVO, F. 2002. Restauración ecológica de marismas de régimen mareal en el Estuario del Guadalquivir, Parque Natural de Doñana. *Ecosistemas* Año XI, nº 1.

GONZÁLEZ ARTEAGA, J. 1993. *Las marismas del Guadalquivir: etapas de su aprovechamiento económico*. Editor Antonio Cuevas. 375 pp.

JIMÉNEZ NIEVA, F.J. Y FIGUEROA CLEMENTE, M.E. 2001. Estado de la invasión de *Spartina densiflora* en el litoral de la provincia de Cádiz. *Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural* Vol. 2:23-29.

MITSCH, W.J. 2000. Self-design applied to coastal restoration. An application of ecological engineering. In: Weinstein, M.P. and Kreeger D.A.(eds.) *Concepts and controversies in tidal marsh ecology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Pp: 554-564.

MMA 1994. *Recuperación de las Marismas de la Algaida*. Asistencia Técnica para el Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

MORAL ITUARTE, L. 1991. *La obra hidráulica en la cuenca baja del Guadalquivir (siglos XVIII-XX). Gestión del agua y organización del territorio*. Junta de Andalucía y Universidad de Sevilla. 591 pp.

RANWELL, D.S. 1972. *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman and Hill, Londres. 258.

SOCIETY OF WETLAND SCIENTIST 2000. *Position Paper on the definition of wetland restoration*.

VALDES, B.; TALAVERA, S. Y GALIANO, E.F. 1987. *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Editorial Ketres. Barcelona.

WEIGERT, R.G. Y FREEMAN, B.J. 1990. *Tidal salt marshes of the Southeast Atlantic coast: A community profile*. U.S. Fish Wild. Serv. Biol. Rep. 85(7.29). Washinton, DC.

Figura 1. Localización del área de marisma mareal restaurada en el Estuario del Guadalquivir.

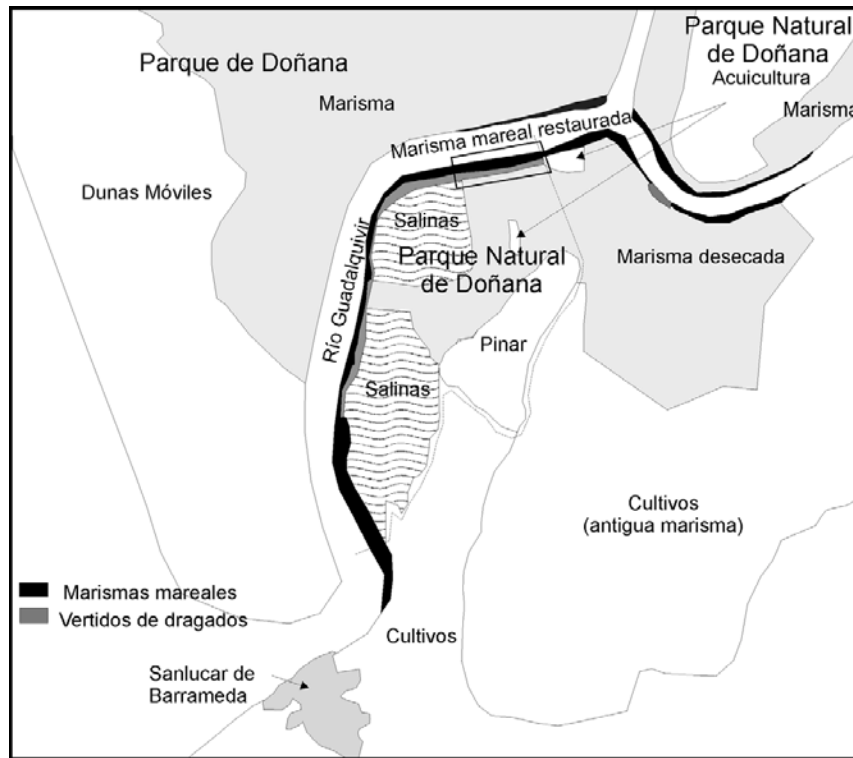


Figura 2. Cartografía del diseño de restauración de las Marismas de la Algaída.

